

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-233722

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-233722 ]

出 願 人

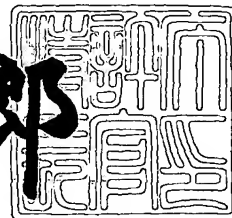
Applicant(s):

株式会社デンソー

2003年 6月20日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3048680

【書類名】 特許願

【整理番号】 PY20021420

【提出日】 平成14年 8月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 29/80

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

    【氏名】 片岡 光浩

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

    【氏名】 内藤 正美

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

    【氏名】 竹内 有一

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

    【氏名】 ラジェシュ クマール

【発明者】

    【住所又は居所】 京都府八幡市西山足立1-9

    【氏名】 松波 弘之

【発明者】

    【住所又は居所】 京都市伏見区桃山町松平筑前1-39-605

    【氏名】 木本 恒暢

【特許出願人】

    【識別番号】 000004260

    【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】

    【識別番号】 100068755

    【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 博宣

【選任した代理人】

【識別番号】 100105957

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 誠

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002956

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908214

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 炭化珪素半導体装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 SiC 基板にトレンチ溝が形成され、このトレンチ溝の内壁面に SiC エピ層を形成した炭化珪素半導体装置であって、

SiC 基板として、 $\{0001\}$  面にオフ角を設けるとともにオフ方向を  $\langle 11-20 \rangle$  としたものをを用い、また、トレンチ溝として、 $\langle 11-20 \rangle$  方向に延びるストライプ構造のものをを用いたことを特徴とする炭化珪素半導体装置。

【請求項 2】 SiC 基板にトレンチ溝が形成され、このトレンチ溝の内壁面に SiC エピ層を形成した炭化珪素半導体装置であって、

SiC 基板として、 $\{0001\}$  面にオフ角を設けるとともにオフ方向を  $\langle 1-100 \rangle$  としたものをを用い、また、トレンチ溝として、 $\langle 1-100 \rangle$  方向に延びるストライプ構造のものをを用いたことを特徴とする炭化珪素半導体装置。

【請求項 3】 SiC 基板にトレンチ溝が形成され、このトレンチ溝の内壁面に SiC エピ層を形成した炭化珪素半導体装置であって、

SiC 基板として、 $\{0001\}$  面にオフ角を設けるとともにオフ方向を  $\langle 11-20 \rangle$  としたものをを用い、また、トレンチ溝として、 $\{1-100\}$  面を側壁面としたものをを用いたことを特徴とする炭化珪素半導体装置。

【請求項 4】 SiC 基板にトレンチ溝が形成され、このトレンチ溝の内壁面に SiC エピ層を形成した炭化珪素半導体装置であって、

SiC 基板として、 $\{0001\}$  面にオフ角を設けるとともにオフ方向を  $\langle 1-100 \rangle$  としたものをを用い、また、トレンチ溝として、 $\{11-20\}$  面を側壁面としたものをを用いたことを特徴とする炭化珪素半導体装置。

【請求項 5】 SiC 基板にトレンチ溝が形成され、このトレンチ溝の内壁面に SiC エピ層を形成した炭化珪素半導体装置であって、

トレンチ溝の平面構造として、各辺全てが SiC 基板のオフ方向から 80 度以下であるトレンチ溝を用いたことを特徴とする炭化珪素半導体装置。

【請求項 6】 SiC 基板にトレンチ溝が形成され、このトレンチ溝の内壁面に SiC エピ層を形成した炭化珪素半導体装置であって、

トレンチ溝の平面構造として、各辺全てがSiC基板のオフ方向から75度以下であるトレンチ溝を用いたことを特徴とする炭化珪素半導体装置。

【請求項7】 SiC基板にトレンチ溝が形成され、このトレンチ溝の内壁面にSiCエピ層を形成した炭化珪素半導体装置であって、

SiC基板として、 $\{0001\}$ 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を $\langle 11-20 \rangle$ としたものを用い、また、トレンチ溝として、側壁面が $\{11-20\}$ 面になり、かつ、全ての $\{11-20\}$ 面がSiC基板のオフ方向とは垂直ではないものを用いたことを特徴とする炭化珪素半導体装置。

【請求項8】 SiC基板にトレンチ溝が形成され、このトレンチ溝の内壁面にSiCエピ層を形成した炭化珪素半導体装置であって、

SiC基板として、 $\{0001\}$ 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を $\langle 1-100 \rangle$ としたものを用い、また、トレンチ溝として、側壁面が $\{1-100\}$ 面になり、かつ、全ての $\{1-100\}$ 面がSiC基板のオフ方向とは垂直ではないものを用いたことを特徴とする炭化珪素半導体装置。

【請求項9】 SiC基板にトレンチ溝が形成され、このトレンチ溝の内壁面にSiCエピ層を形成した炭化珪素半導体装置であって、

SiC基板として、 $\{11-20\}$ 面を主表面とする六方晶SiC基板を用い、また、トレンチ溝として、断面形状において側壁面が $\{0001\}$ 面から1度以上傾いたものを用いたことを特徴とする炭化珪素半導体装置。

【請求項10】 SiC基板にトレンチ溝が形成され、このトレンチ溝の内壁面にSiCエピ層を形成した炭化珪素半導体装置であって、

SiC基板として、 $\{1-100\}$ 面を主表面とする六方晶SiC基板を用い、また、トレンチ溝として、断面形状において側壁面が $\{0001\}$ 面から1度以上傾いたものを用いたことを特徴とする炭化珪素半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、炭化珪素半導体装置に関するものである。

【0002】

## 【従来の技術】

特開平9-172187号公報には、図28に示すように、SiC基板200に溝201が形成されるとともに当該溝201の内壁面にSiCエピ層202を形成した炭化珪素半導体装置において、溝201の側面での電界集中を防止すべく、 $[0001]$ 面を主表面とし、溝201の側面を $[1-100]$ 面とした構造が提案されている。

## 【0003】

実際の製造の際においては、図29(a), (b)に示すように、溝201の内面である $[1-100]$ 面からエピ成長する際に表面近傍にファセット面が発生し、欠陥の発生は避けられない。つまり、 $\langle 1-100 \rangle$ オフのウエハで埋め込みエピ成長すると、 $\langle 1-100 \rangle$ 方向の下流側に $(0001)$ ファセット面が発生する。これにより、トレンチ溝201内に配したエピ層202の断面形状が対称でなく、かつ、ファセット面の表面凹凸が大きく、ファセット面で欠陥が発生しやすい。そして、デバイスへの問題点として、トレンチJFET、トレンチMOSFETに適用した場合、チャネル層にファセット面が発生する。これにより、移動度が低下しオン抵抗が増加したり、リーク電流が増加したり、しきい値が変動するといった問題がある。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明はこのような背景の下になされたものであり、その目的は、基板に形成したトレンチ溝の内壁面にエピタキシャル成長する際にファセット面の形成を抑制することができるようにすることにある。

## 【0005】

## 【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、SiC基板として、 $\{0001\}$ 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を $\langle 11-20 \rangle$ としたものを用い、また、トレンチ溝として、 $\langle 11-20 \rangle$ 方向に延びるストライプ構造のものを用いたことを特徴とし、請求項2に記載の発明は、SiC基板として、 $\{0001\}$ 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を $\langle 1-100 \rangle$ としたものを用い、また、トレンチ溝とし

て、 $\langle 1-100 \rangle$ 方向に延びるストライプ構造のものをを用いたことを特徴としている。

#### 【0006】

また、請求項3に記載の発明は、SiC基板として、 $\{0001\}$ 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を $\langle 11-20 \rangle$ としたものをを用い、また、トレンチ溝として、 $\{1-100\}$ 面を側壁面としたものをを用いたことを特徴とし、請求項4に記載の発明は、SiC基板として、 $\{0001\}$ 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を $\langle 1-100 \rangle$ としたものをを用い、また、トレンチ溝として、 $\{11-20\}$ 面を側壁面としたものをを用いたことを特徴としている。

#### 【0007】

さらに、請求項5に記載の発明は、トレンチ溝の平面構造として、各辺全てがSiC基板のオフ方向から80度以下であるトレンチ溝を用いたことを特徴とし、特に、請求項6に記載の発明は、各辺全てがSiC基板のオフ方向から75度以下であるトレンチ溝を用いたことを特徴としている。

#### 【0008】

請求項7に記載の発明は、SiC基板として、 $\{0001\}$ 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を $\langle 11-20 \rangle$ としたものをを用い、また、トレンチ溝として、側壁面が $\{11-20\}$ 面になり、かつ、全ての $\{11-20\}$ 面がSiC基板のオフ方向とは垂直ではないものをを用いたことを特徴とし、請求項8に記載の発明は、SiC基板として、 $\{0001\}$ 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を $\langle 1-100 \rangle$ としたものをを用い、また、トレンチ溝として、側壁面が $\{1-100\}$ 面になり、かつ、全ての $\{1-100\}$ 面がSiC基板のオフ方向とは垂直ではないものをを用いたことを特徴としている。

#### 【0009】

請求項9に記載の発明は、SiC基板として、 $\{11-20\}$ 面を主表面とする六方晶SiC基板を用い、また、トレンチ溝として、断面形状において側壁面が $\{0001\}$ 面から1度以上傾いたものをを用いたことを特徴とし、請求項10に記載の発明は、SiC基板として、 $\{1-100\}$ 面を主表面とする六方晶SiC基板を用い、また、トレンチ溝として、断面形状において側壁面が $\{000$

1) 面から1度以上傾いたものを用いたことを特徴としている。

【0010】

これら各請求項に記載の発明によれば、基板に形成したトレンチ溝の内壁面にエピタキシャル成長する際にファセット面の形成を抑制することができる。

なお、本明細書においては、結晶学的な面や方向の表現方法として、数字の前に「-」を付けており、これは、数字の上に「-」を付ける表記方法と同じ意味である。

【0011】

【発明の実施の形態】

(第1の実施の形態)

以下、この発明を具体化した第1の実施の形態を図面に従って説明する。

【0012】

図1(a)にはSiC基板(SiCウエハ)10の平面図を示し、図1(a)のA-A線での縦断面図を図1(b)に示す。

SiC基板10にトレンチ溝11が形成されている。SiC基板10として、{0001}面にオフ角を設けるとともにオフ方向を<11-20>としたものを用いている。また、トレンチ溝11として、<11-20>方向に延びるストライプ構造のトレンチ溝を用いている。そして、図2に示すように、トレンチ溝11の内壁面に、SiCエピ層12が形成される。詳しくは、トレンチ溝11内を含めたSiC基板10上にSiCエピ層12が形成される。

【0013】

このようにして、<11-20>オフSiCウエハ10の上面において<11-20>方向に延びるストライプ構造のトレンチ溝11が形成され、トレンチ溝11の内部を含めたSiC基板10の上面にSiC層12が形成されている。

【0014】

よって、トレンチ溝11内にエピタキシャル成長したときにおいて、トレンチ溝11の側壁面である(1-100)面にファセット面が発生しない。このように、基板10に形成したトレンチ溝11の内壁面にエピタキシャル成長する際にファセット面の形成を抑制することができることから、(1-100)面をチャ



ネル層にすることができる。

【0015】

つまり、図3に示すようなトレンチJFETとする場合に好ましいものとなる。詳しくは、図3において、 $n^+$ SiC基板13の上に $n^-$ エピ層14とゲート $p^+$ エピ層15とソース $n^+$ エピ層16が順に形成されている。その上面部にトレンチ溝19が形成され、トレンチ溝19はソース $n^+$ エピ層16とゲート $p^+$ エピ層15を貫通し $n^-$ エピ層14に達している。さらに、トレンチ溝19内にはチャネル $n^-$ エピ層17およびゲート $p^+$ エピ層18が形成されている。 $n^+$ SiC基板13には裏面電極としてのドレイン電極13aが形成されている。また、ゲート $p^+$ エピ層18に第1ゲート電圧が印加されるとともにゲート $p^+$ エピ層15に第2ゲート電圧が印加される。そして、ゲート $p^+$ エピ層18とゲート $p^+$ エピ層15との電圧を調整することにより、ゲート $p^+$ エピ層18とゲート $p^+$ エピ層15の間におけるチャネル $n^-$ エピ層17での空乏層の広がり調整してソース・ドレイン間（ソース $n^+$ エピ層16・ $n^+$ SiC基板13間）に流れる電流をコントロールすることができる。このとき、図1、2で説明したように、（1-100）面をチャネル層にすることができることとなる。

【0016】

なお、図2に代わり、図4に示すように、トレンチ溝11をエピ層12で埋め込んでもよい（埋込エピ層12としてもよい）。

以上のごとく、オフウエハ10を用いてトレンチ溝11をオフ方向に延長したストライプ構造にし、その上にエピ層12を形成する。よって、エピ成長したときにファセット面が発生しないので、図1でのL1線に沿って延びるストライプ構造のトレンチ溝11での側面をチャネル層の下地面に用いることができる。換言すれば、＜11-20＞方向をオフ方向に選択することにより、移動度の高い（1-100）面にファセット面が発生しないようにすることができ、FETのチャネル層を形成する上で好ましいものとなる。

（第2の実施の形態）

次に、第2の実施の形態を、第1の実施の形態との相違点を中心に説明する。

【0017】

図 5 (a), (b) および図 6 を用いて第 2 の実施形態を説明していく。本実施形態は第 1 の実施形態に比べ SiC 基板のオフ方向およびトレンチ溝の延設方向が異なっている。詳しくは以下のとおりである。

#### 【0018】

図 5 (a), (b) に示すように、SiC 基板 (SiC ウエハ) 20 として、{0001} 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を  $\langle 1-100 \rangle$  としたものをを用いている。また、ストライプ構造のトレンチ溝 21 は、 $\langle 1-100 \rangle$  方向に延びている。

#### 【0019】

このように、 $\langle 1-100 \rangle$  オフ SiC ウエハ 20 の上面において、 $\langle 1-100 \rangle$  方向に延びるストライプ構造のトレンチ溝 21 を設け、図 6 に示すように、その上に SiC エピ層 22 を形成している。

#### 【0020】

これにより、トレンチ溝 21 内にエピタキシャル成長したときにトレンチ溝 21 の側壁面である (11-20) 面にファセット面が発生しない。よって、(11-20) 面をチャンネル層にすることができる。換言すれば、 $\langle 1-100 \rangle$  方向をオフ方向に選択することにより、移動度の高い (11-20) 面にファセットが発生しないようにすることができ、FET のチャンネル層を形成する上で好ましいものとなる。

#### 【0021】

なお、図 6 に代わり、図 7 に示すように、トレンチ溝 21 をエピ層 22 で埋め込んでもよい (埋込エピ層 22 としてもよい)。

#### (第 3 の実施の形態)

次に、第 3 の実施の形態を、第 1 の実施の形態との相違点を中心に説明する。

#### 【0022】

図 8 (a), (b) に示すように、SiC 基板 (SiC ウエハ) 30 として、{0001} 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を  $\langle 11-20 \rangle$  としたものをを用いている。また、トレンチ溝 31 として、(1-100) 面を側壁面としたものをを用いている。詳しくは、図 8 (a) においてはトレンチ溝 31 の平面形状

は正六角形である。そして、図9に示すように、トレンチ溝31内を含めたSiC基板30上にSiCエピ層32を形成している。

#### 【0023】

よって、トレンチ溝31内にエピ層32を形成したときに(1-100)面にファセット面が発生しない。これにより、(1-100)面をチャンネル層にすることができる。また、ストライプ構造のトレンチ溝とした場合における終端での(1-100)面にもファセット面が発生しない。これにより、ストライプ構造のトレンチ溝の終端もチャンネル層として使用することが可能となる。

#### 【0024】

第1の変形例を、図10(a), (b)に示す。

図10(a), (b)において、 $\langle 11-20 \rangle$ オフSiCウエハ30に(1-100)面を側壁としたトレンチ溝33が形成されており、同トレンチ溝33の平面形状は正三角形である。そして、このトレンチ溝33内を含めたSiC基板30上にSiCエピ層(図示略)が形成されている。これにより、トレンチ溝33内にエピ成長したときに(1-100)面にファセット面が発生せず、(1-100)面をチャンネル層にすることができる。

#### 【0025】

第2の変形例を、図11(a), (b)に示す。

図11(a), (b)においては、図10の基板(30)と溝(33)の関係を反転させたものである。つまり、 $\langle 11-20 \rangle$ オフSiCウエハ30に、(1-100)面で構成されたトレンチ溝34が形成されており、詳しくは、正三角形の凸部の間においてトレンチ溝34が位置している。そして、その上に、図12に示すように、SiCエピ層35が形成されている。よって、トレンチ溝34内にエピ成長したときに(1-100)面にファセット面が発生せず、(1-100)面をチャンネル層として使用することができる。

#### 【0026】

あるいは、図13(a), (b)に示すように、図8の基板(30)と溝(31)の関係を反転させてもよい。つまり、正六角形の凸部の間においてトレンチ溝36が位置するようにしてもよい。

## (第 4 の実施の形態)

次に、第 4 の実施の形態を、第 1 の実施の形態との相違点を中心に説明する。

## 【0027】

図 14 (a), (b) および図 15 を用いて第 4 の実施形態を説明していく。  
本実施形態は第 3 の実施形態 (図 8) に比べ SiC 基板のオフ方向およびトレンチ溝の側壁面の面指数が異なっている。詳しくは以下のとおりである。

## 【0028】

図 14 (a), (b) に示すように、SiC 基板 (SiC ウエハ) 40 として、 $\{0001\}$  面にオフ角を設けるとともにオフ方向を  $\langle 1-100 \rangle$  としたものをを用いている。また、トレンチ溝 41 として、 $(11-20)$  面を側壁面としたものをを用いている。詳しくは、図 14 (a) においてはトレンチ溝 41 の平面形状は正六角形である。そして、図 15 に示すように、トレンチ溝 41 内を含めた SiC 基板 40 上に SiC エピ層 42 が形成される。

## 【0029】

このように、 $\langle 1-100 \rangle$  オフ SiC ウエハ 40 の上面において  $(11-20)$  面で構成されたトレンチ溝 41 が形成され、その上に SiC エピ層 42 が形成されている。

## 【0030】

よって、トレンチ溝 41 内にエピ成長したときに  $(11-20)$  面にファセット面が発生せず、 $(11-20)$  面をチャネル層にすることができる。また、ストライプ構造のトレンチ溝とした場合における終端での  $(11-20)$  面もファセット面が発生せず、終端もチャネル層として使用することが可能となる。

## 【0031】

図 16 (a), (b) は変形例である。 $\langle 1-100 \rangle$  オフ SiC ウエハ 40 に  $(11-20)$  面で構成されたトレンチ溝 43 が形成されており、同トレンチ溝 43 の平面形状は正三角形である。そして、その上に SiC エピ層 (図示略) が形成されている。よって、トレンチ溝 43 内にエピ成長したときに  $(11-20)$  面にファセット面が発生せず、 $(11-20)$  面をチャネル層にすることができる。

## (第 5 の実施の形態)

次に、第 5 の実施の形態を、第 1 の実施の形態との相違点を中心に説明する。

## 【 0 0 3 2 】

図 1 7 ( a ) , ( b ) に示すように、S i C 基板 ( S i C ウエハ ) 5 0 として、 $\{0001\}$  面にオフ角を設けるとともにオフ方向を  $\langle 11-20 \rangle$  としたものを用いている。また、トレンチ溝 5 1 の平面構造として、各辺全てが S i C 基板 5 0 のオフ方向から 8 0 度以下、望ましくは 7 5 度以下であるトレンチ溝を用いている。詳しくは、トレンチ溝 5 1 は長方形をなし、その長辺とオフ方向でなす角度  $\theta_1$  ( 鋭角 ) と、短辺とオフ方向でなす角度  $\theta_2$  ( 鋭角 :  $\theta_2 = 90 - \theta_1$  ) とは、共に 8 0 度以下、望ましくは 7 5 度以下となっている。

## 【 0 0 3 3 】

このように、オフウエハ 5 0 の上面において各辺全てがオフ方向から 8 0 度以下、望ましくは 7 5 度以下であるトレンチ溝 5 1 が形成され、その上に、図 1 8 に示すように、S i C エピ層 5 2 が形成されている。

## 【 0 0 3 4 】

よって、トレンチ溝 5 1 内にエピ成長したときにオフ方向にファセット面が発生するが、これはオフ方向とトレンチ溝との角度に依存しており、オフ方向に対し側壁面が 7 5 度以下であるトレンチ溝 5 1 ではファセット面が発生しない。

## 【 0 0 3 5 】

図 1 9 には、トレンチ溝の辺とオフ方向とでなす  $\theta$  ( 前述の  $\theta_1$  または  $\theta_2$  ) に対するファセット面の発生確率の測定結果を示す。図 1 9 において、 $\theta$  が 9 0 度ではファセット面の発生確率が 1 0 0 % であるが、 $\theta$  が 7 5 度以下ではファセット面の発生確率はゼロである。

## 【 0 0 3 6 】

この図 1 9 から、トレンチ溝 5 1 の平面構造として各辺全てが S i C 基板 5 0 のオフ方向から 8 0 度以下、特に、7 5 度以下とするとよいことが分かる。

## (第 6 の実施の形態)

次に、第 6 の実施の形態を、第 1 の実施の形態との相違点を中心に説明する。

## 【 0 0 3 7 】

図 2 0 ( a ) , ( b ) に示すように、S i C 基板 7 0 として、 $\{0001\}$  面にオフ角を設けるとともにオフ方向を  $\langle 11-20 \rangle$  としたものをを用い、また、トレンチ溝 7 1 として、側壁面が  $(11-20)$  面になり、かつ、全ての  $(11-20)$  面が S i C 基板 7 0 のオフ方向とは垂直ではないものをを用いている。トレンチ溝 7 1 に関して、詳しくは、溝の延設方向において対向する溝側壁が互いに接近する箇所と互いに離間する箇所が交互に繰り返されている。

#### 【 0 0 3 8 】

このように、 $\langle 11-20 \rangle$  オフ基板 7 0 を用いた場合の溝パターンとして、溝側壁の面が  $(11-20)$  面で形成され、しかも、オフ方向に垂直な  $(1-100)$  面を使用していない構造となっている。この溝構造に S i C 層 ( 図示略 ) をエピ成長すると、ファセット面が形成されない。また、溝側壁をチャネル層に用いるデバイスに適用する際、溝側壁の  $(11-20)$  面がチャネル層になるため、チャネル移動度が高い特性が得られる。

#### 【 0 0 3 9 】

また、側壁面が直線的に延びるストライプ構造のトレンチ溝 ( 例えば図 1 ( a ) ) に比較して、チャネル幅を長くでき、より多くの電流を流すことが可能となる。

#### 【 0 0 4 0 】

変形例として、図 2 1 に示すトレンチ溝の構成としてもよい。つまり、図 2 1 のトレンチ溝 7 2 は図 2 0 ( a ) と同様に側壁面が  $(11-20)$  面のトレンチ溝であるが、溝の延設方向において溝幅は一定である。

#### ( 第 7 の実施の形態 )

次に、第 7 の実施の形態を、第 1 の実施の形態との相違点を中心に説明する。

#### 【 0 0 4 1 】

図 2 2 ( a ) , ( b ) を用いて第 7 の実施形態を説明していく。本実施形態は第 6 の実施形態に比べ S i C 基板のオフ方向およびトレンチ溝の側壁面の面指数が異なっている。詳しくは以下のとおりである。

#### 【 0 0 4 2 】

図 2 2 ( a ) , ( b ) に示すように、S i C 基板 8 0 として、 $\{0001\}$  面

にオフ角を設けるとともにオフ方向を $\langle 1-100 \rangle$ としたものを用い、また、トレンチ溝81として、側壁面が $(1-100)$ 面になり、かつ、全ての $(1-100)$ 面がSiC基板80のオフ方向とは垂直ではないものを用いている。トレンチ溝81に関して、詳しくは、溝の延設方向において対向する溝側壁が互いに接近する箇所と互いに離間する箇所が交互に繰り返されている。

## 【0043】

このように、 $\langle 1-100 \rangle$ オフ基板80を用いた場合の溝パターンとして、溝側壁の面が $(1-100)$ 面で形成され、しかも、オフ方向に垂直な $(11-20)$ 面を使用していない構造となっている。この溝構造にSiC層（図示略）をエピ成長すると、ファセット面が形成されない。また、溝側壁をチャネル層に用いるデバイスに適用する際、溝側壁の $(1-100)$ 面がチャネル層になるため、チャネル移動度が高い特性が得られる。

## 【0044】

また、側壁面が直線的に延びるストライプ構造のトレンチ溝（例えば図1（a））に比較して、チャネル幅を長くできるため、より多くの電流を流すことが可能となる。

## 【0045】

変形例として、図23に示すトレンチ溝の構成としてもよい。図23のトレンチ溝82は図22（a）と同様に側壁面が $(1-100)$ 面のトレンチ溝であるが、溝の延設方向において溝幅は一定である。

## （第8の実施の形態）

次に、第8の実施の形態を、第1の実施の形態との相違点を中心に説明する。

## 【0046】

本実施形態ではこれまでの実施の形態とは異なり、オフ角を設けないSiC基板を用いている。

図24（a）、（b）に示すように、SiC基板90として、 $\{11-20\}$ 面を主表面とする六方晶SiC基板を用い、また、トレンチ溝91として、断面形状において側壁面が $(0001)$ 面から1度以上傾いたものを用いている。

## 【0047】

つまり、 $(11-20)$  面基板 90 を用意し、この基板 90 の上面にトレンチ溝 91 を形成する。この際、トレンチ溝 91 の側壁を、 $(0001)$  面から 1 度以上傾くように形成する。この溝構造に、図 25 に示すように、SiC 層 92 をエピ成長すると、ファセット面が形成されない。また、溝側壁をチャネル層に用いるデバイスに適用する際、溝側壁の  $(0001)$  面がチャネル層になるため、チャネル移動度が高い特性が得られる。

#### (第 9 の実施の形態)

次に、第 9 の実施の形態を、第 1 の実施の形態との相違点を中心に説明する。

##### 【0048】

図 26 (a), (b) および図 27 を用いて第 9 の実施形態を説明していく。本実施形態は第 8 の実施形態に比べ SiC 基板の主表面の面指数が異なっている。詳しくは以下のとおりである。

##### 【0049】

図 26 (a), (b) に示すように、SiC 基板 100 として、 $\{1-100\}$  面を主表面とする六方晶 SiC 基板を用い、また、トレンチ溝 101 として、断面形状において側壁面が  $(0001)$  面から 1 度以上傾いたものを用いている。

##### 【0050】

このように、 $(1-100)$  面基板 100 を用意し、この基板 100 の表面に溝 101 を形成する。この際、この溝 101 の側壁を、 $(0001)$  面から 1 度以上傾くように形成する。この溝構造に、図 27 に示すように、SiC 層 102 をエピ成長すると、ファセット面が形成されない。また、溝側壁をチャネル層に用いるデバイスに適用する際、溝側壁の  $(0001)$  面がチャネル層になるため、チャネル移動度が高い特性が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 (a) は第 1 の実施の形態を説明するための平面図、(b) は A-A 線での縦断面図。

【図 2】 第 1 の実施の形態における半導体装置の縦断面図。

【図 3】 トレンチ JFET の縦断面図。



【図 4】 第 1 の実施の形態における半導体装置の縦断面図。

【図 5】 (a) は第 2 の実施の形態を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 6】 第 2 の実施の形態における半導体装置の縦断面図。

【図 7】 第 2 の実施の形態における半導体装置の縦断面図。

【図 8】 (a) は第 3 の実施の形態を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 9】 第 3 の実施の形態における半導体装置の縦断面図。

【図 10】 (a) は第 1 の変形例を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 11】 (a) は第 2 の変形例を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 12】 第 2 の変形例における半導体装置の縦断面図。

【図 13】 (a) はその他の変形例を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 14】 (a) は第 4 の実施の形態を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 15】 第 4 の実施の形態における半導体装置の縦断面図。

【図 16】 (a) は変形例を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 17】 (a) は第 5 の実施の形態を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 18】 第 5 の実施の形態における半導体装置の縦断面図。

【図 19】 ファセット面の発生確率を示す図。

【図 20】 (a) は第 6 の実施の形態を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 21】 変形例を説明するための平面図。

【図 22】 (a) は第 7 の実施の形態を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 2 3】変形例を説明するための平面図。

【図 2 4】(a) は第 8 の実施の形態を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 2 5】第 8 の実施の形態における半導体装置の縦断面図。

【図 2 6】(a) は第 9 の実施の形態を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【図 2 7】第 9 の実施の形態における半導体装置の縦断面図。

【図 2 8】従来技術を説明するための縦断面図。

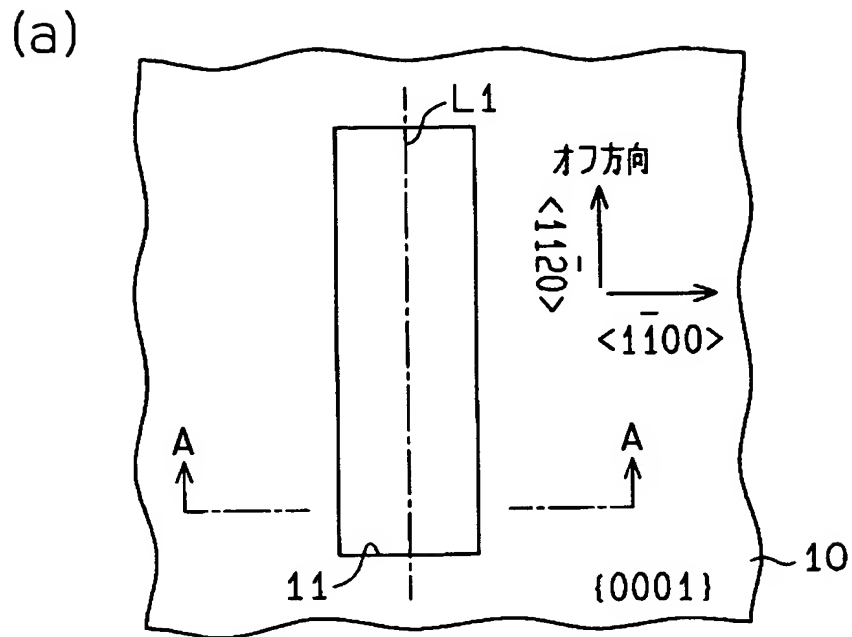
【図 2 9】(a) は従来技術を説明するための平面図、(b) は A - A 線での縦断面図。

【符号の説明】

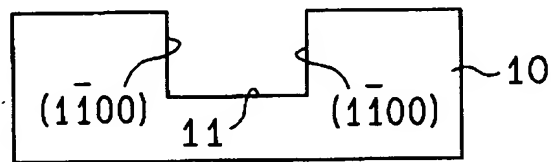
1 0 … S i C 基板、1 1 … トレンチ溝、1 2 … S i C エピ層、2 0 … S i C 基板、2 1 … トレンチ溝、2 2 … S i C エピ層、3 0 … S i C 基板、3 1 … トレンチ溝、3 2 … S i C エピ層、3 3 … トレンチ溝、3 4 … トレンチ溝、3 5 … S i C エピ層、3 6 … トレンチ溝、4 0 … S i C 基板、4 1 … トレンチ溝、4 2 … S i C エピ層、4 3 … トレンチ溝、5 0 … S i C 基板、5 1 … トレンチ溝、5 2 … S i C エピ層、7 0 … S i C 基板、7 1 … トレンチ溝、7 2 … トレンチ溝、8 0 … S i C 基板、8 1 … トレンチ溝、8 2 … トレンチ溝、9 0 … S i C 基板、9 1 … トレンチ溝、9 2 … S i C エピ層、1 0 0 … S i C 基板、1 0 1 … トレンチ溝、1 0 2 … S i C エピ層。

【書類名】 図面

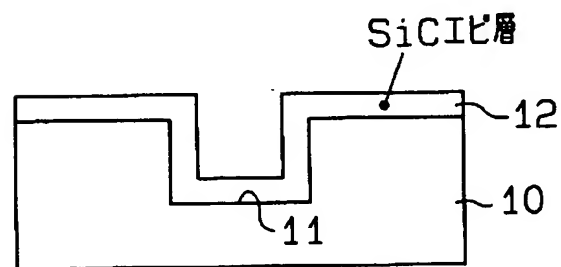
【図 1】



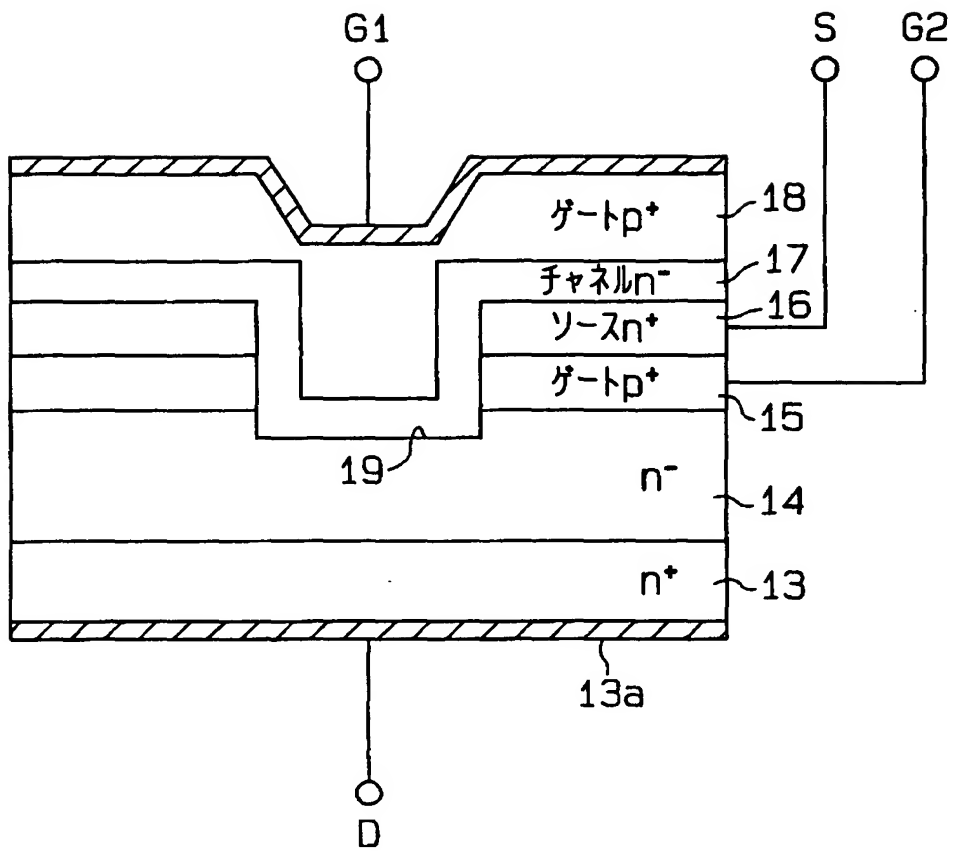
(b) A-A断面図



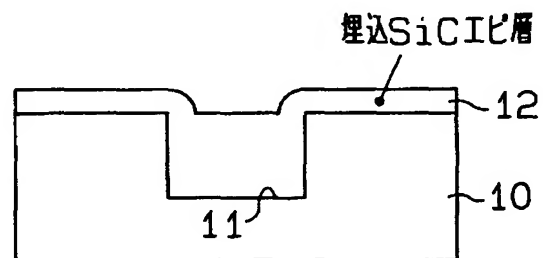
【図 2】



【図3】

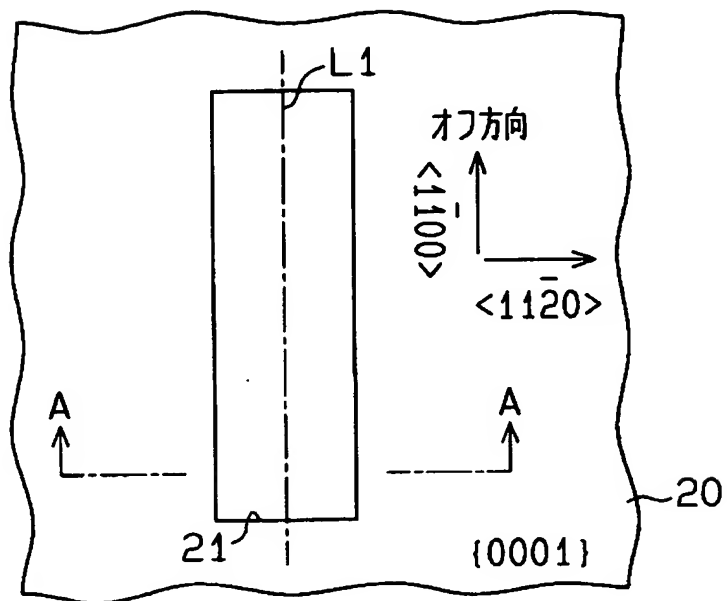


【図4】

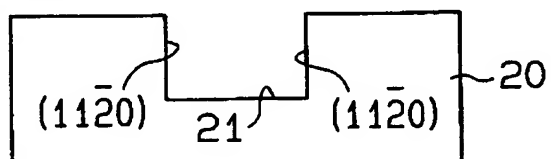


【図 5】

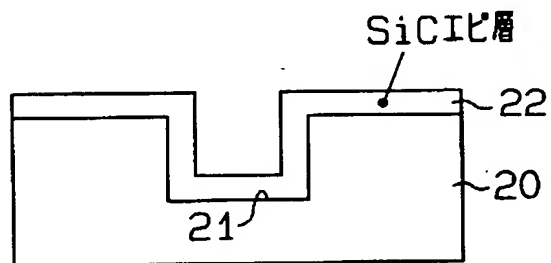
(a)



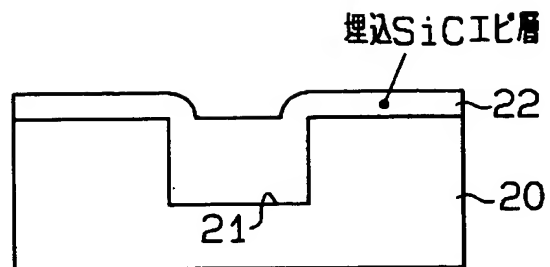
(b) A-A断面図



【図 6】

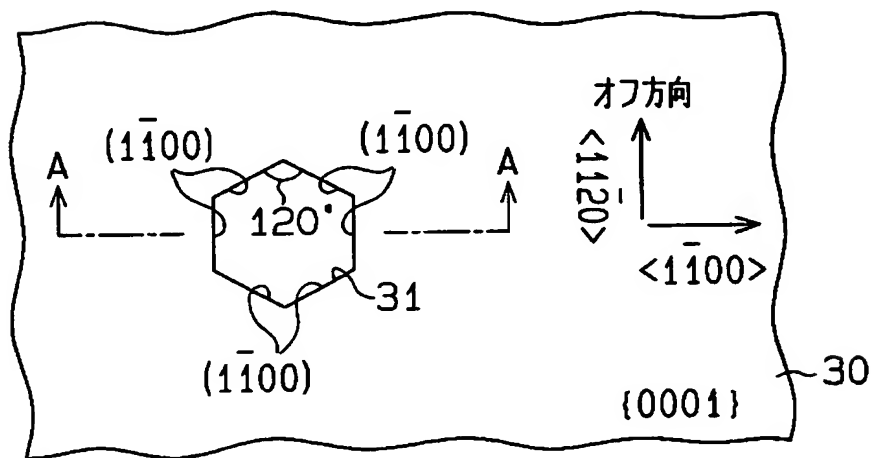


【図 7】

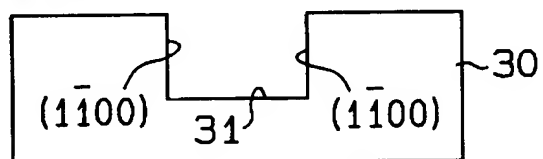


【図 8】

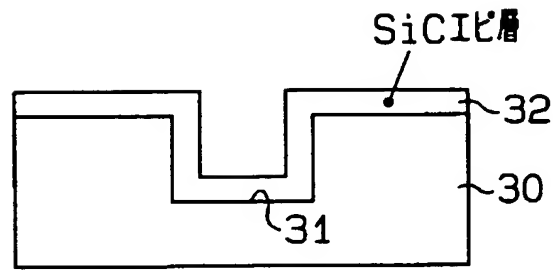
(a)



(b) A-A断面図

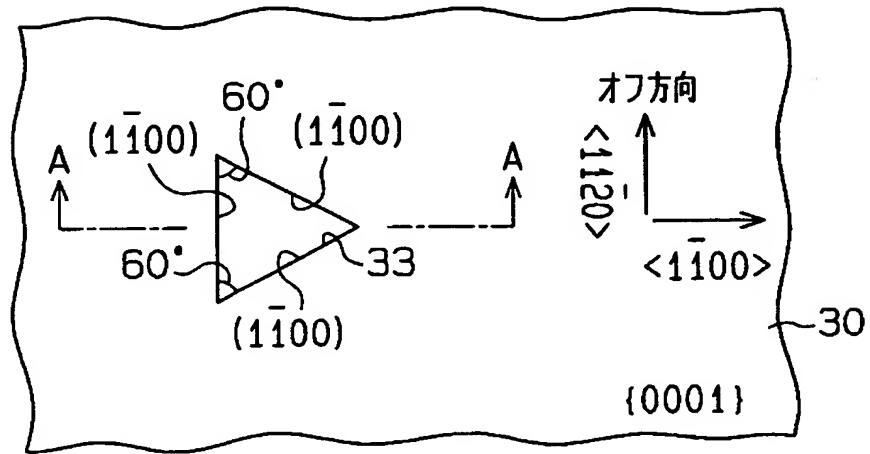


【図 9】

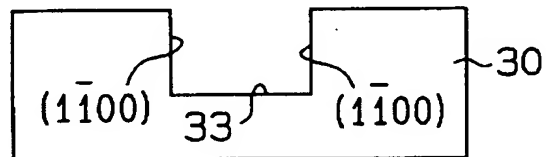


【図 1 0】

(a)

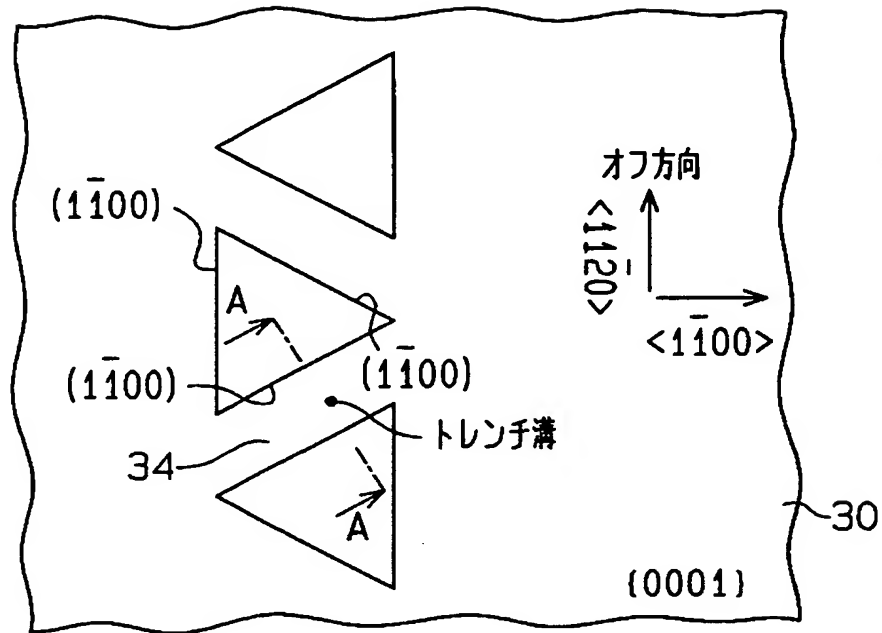


(b) A-A断面図

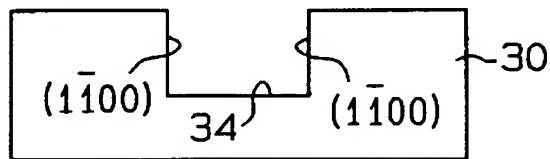


【図 1 1】

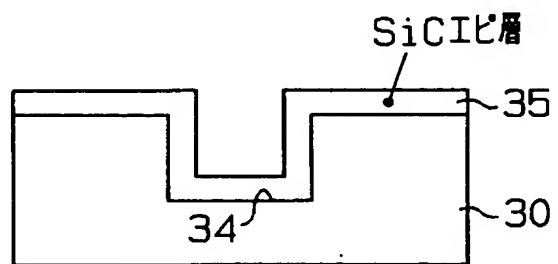
(a)



(b) A-A断面図



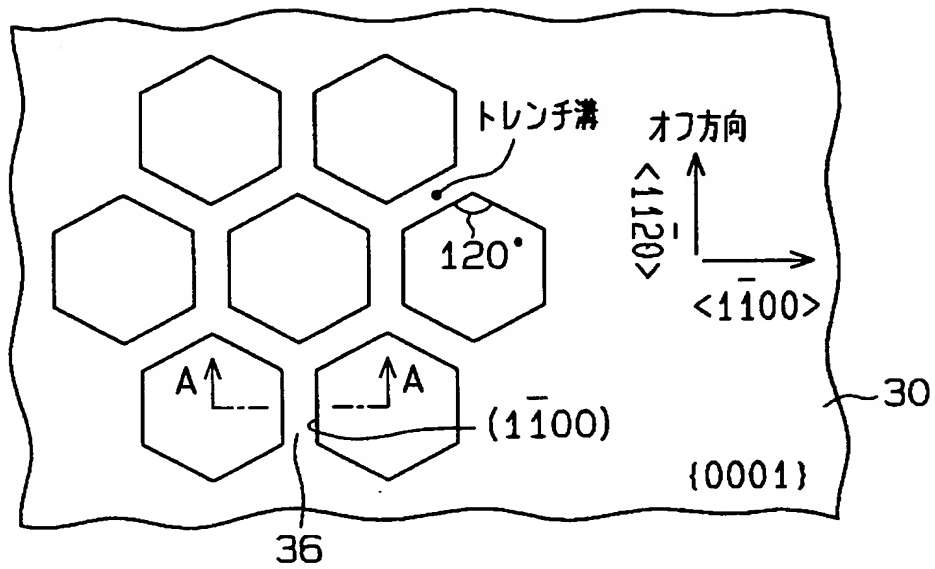
【図 1 2】



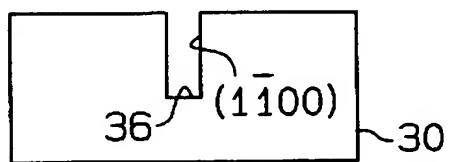


【図 13】

(a)

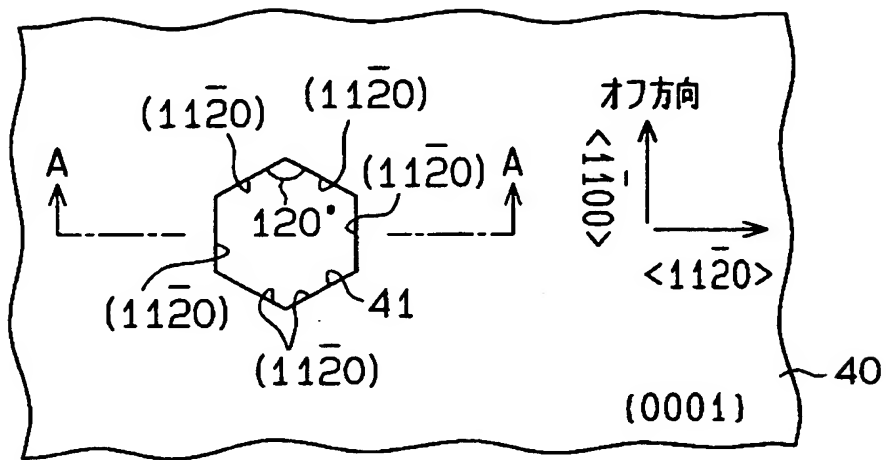


(b) A-A断面図

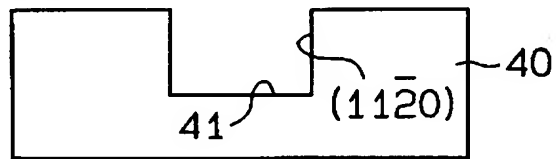


【図 1 4】

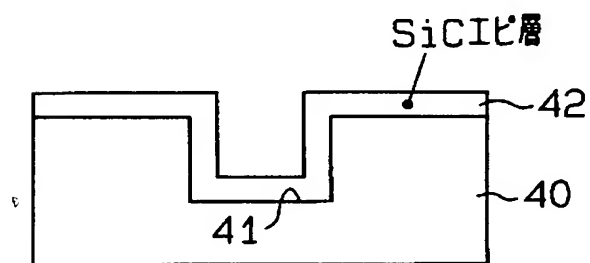
(a)



(b) A-A断面図

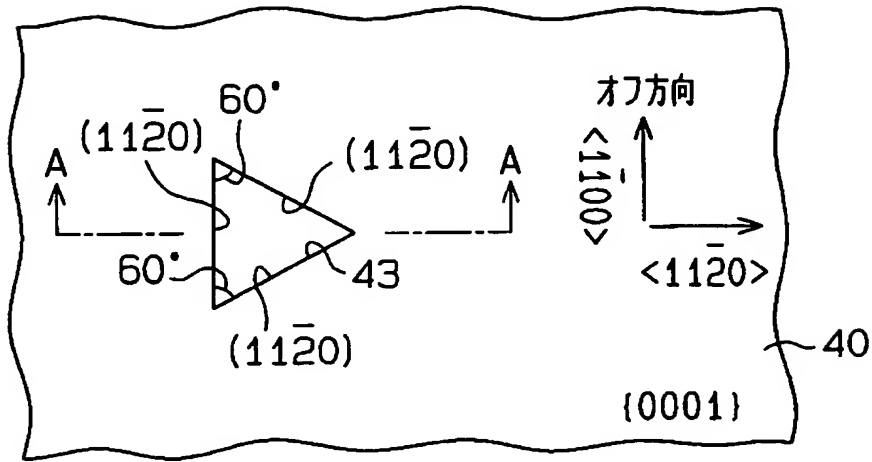


【図 1 5】

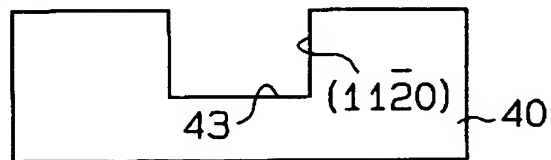


【図 1 6】

(a)

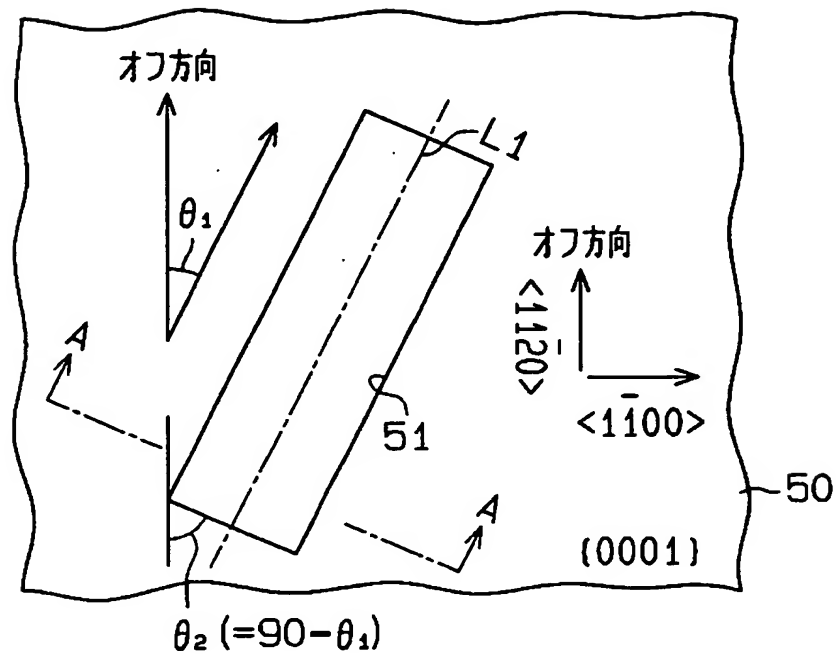


(b) A-A断面図

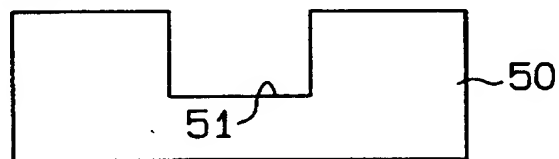


【図 17】

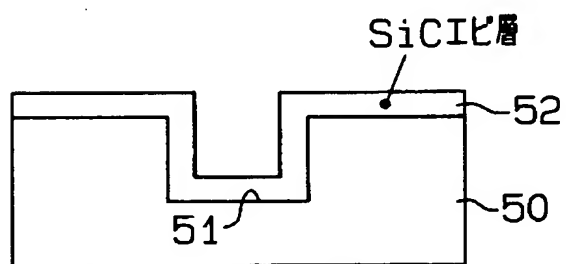
(a)



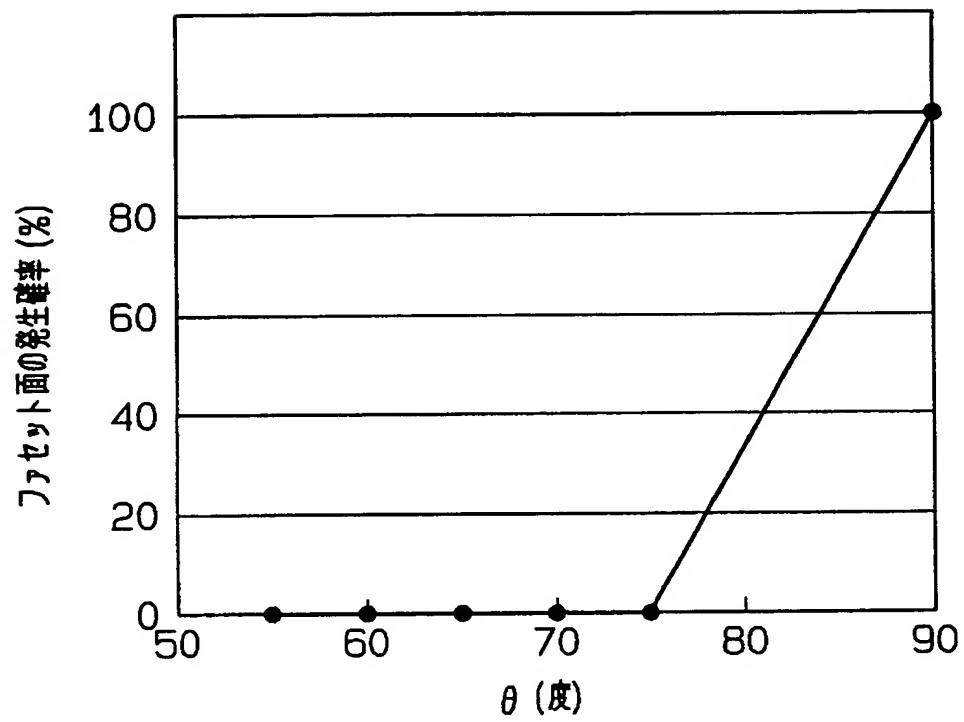
(b) A-A断面図



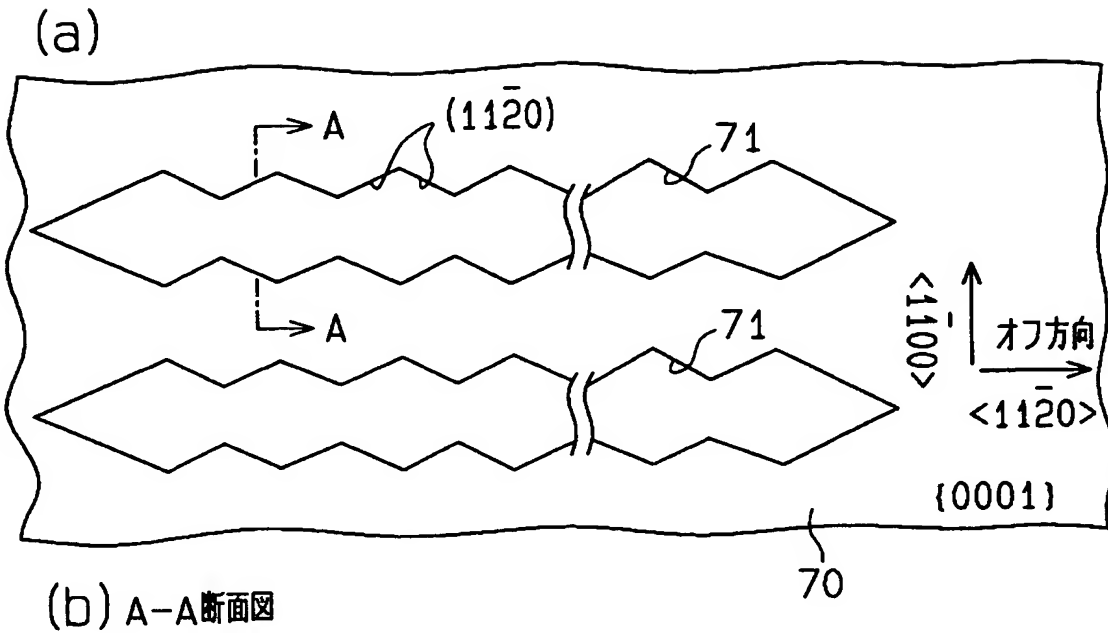
【図 18】



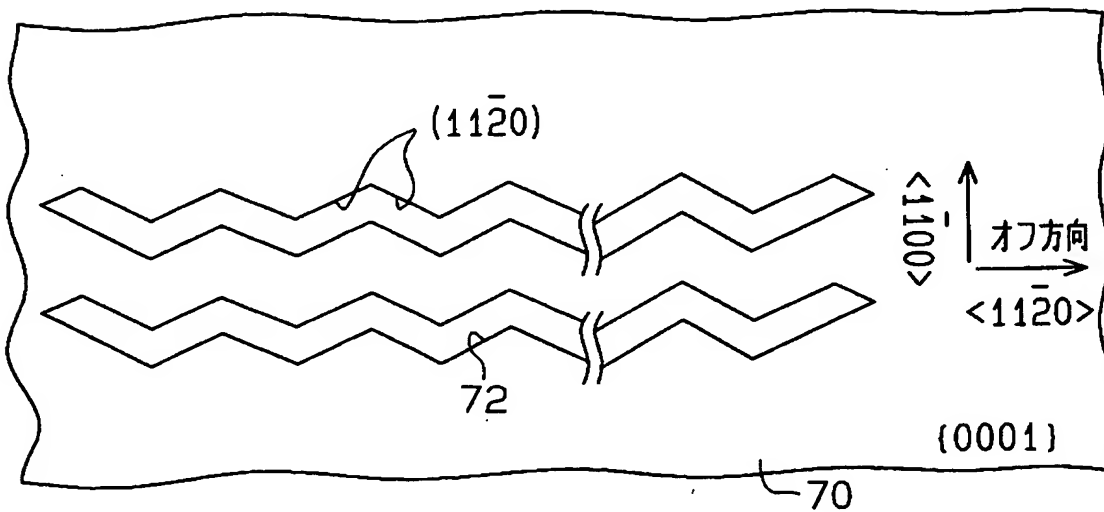
【図 1 9】



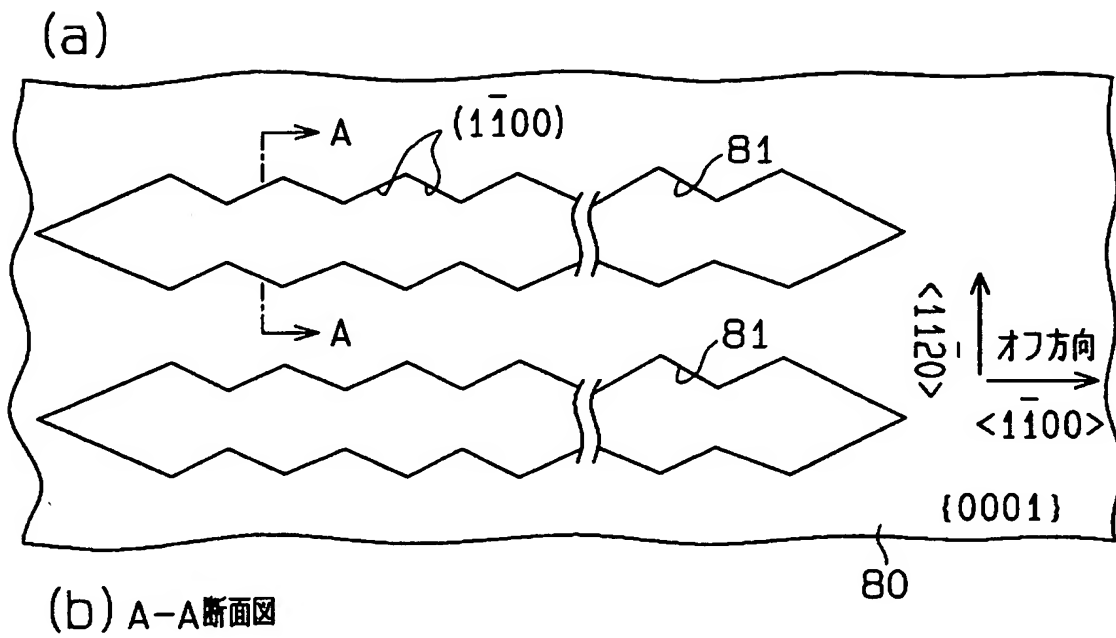
【図 20】



【図 21】

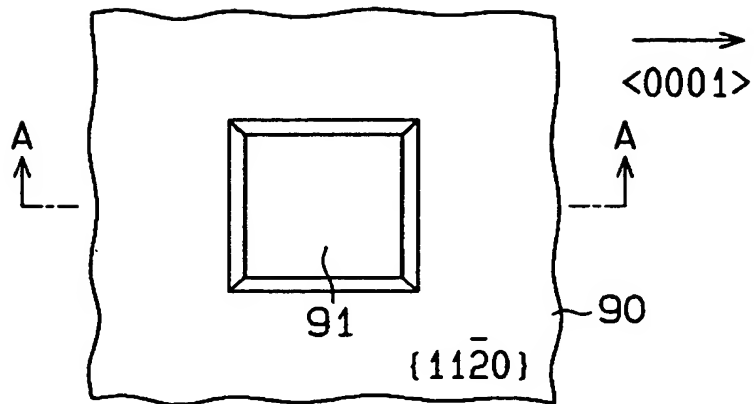


【圖 2 2】

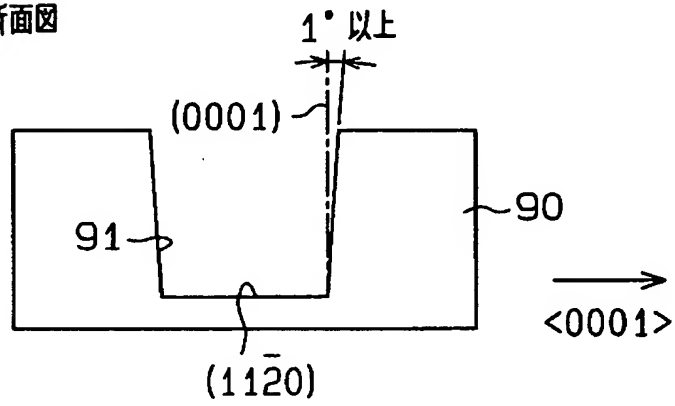


【図 24】

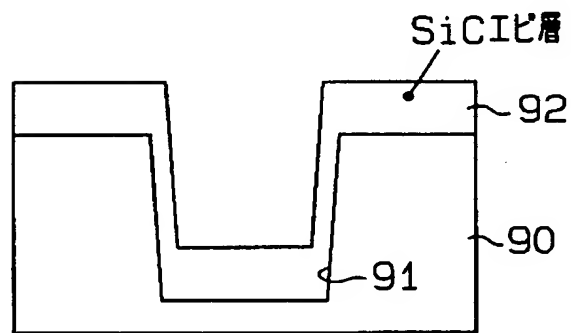
(a)



(b) A-A断面図

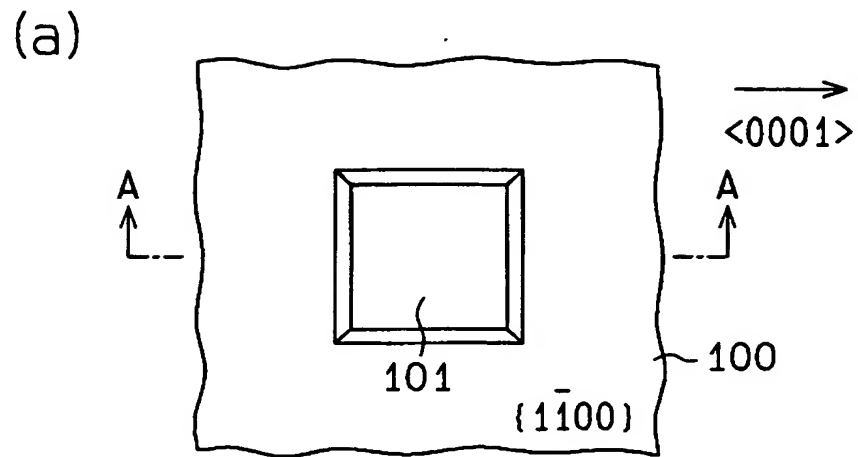


【図 25】

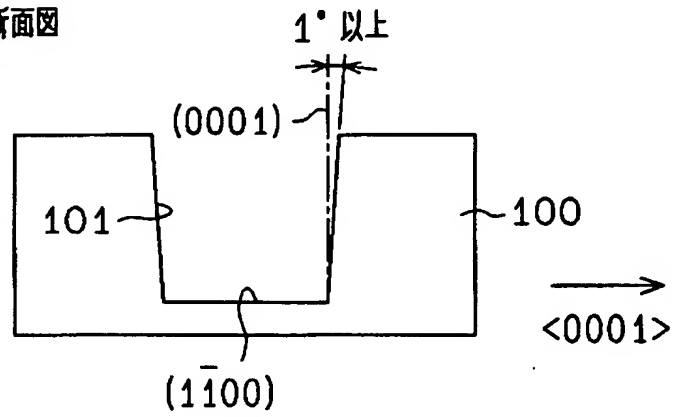




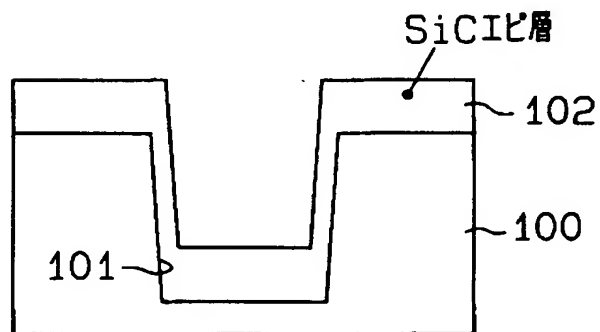
【図 2 6】



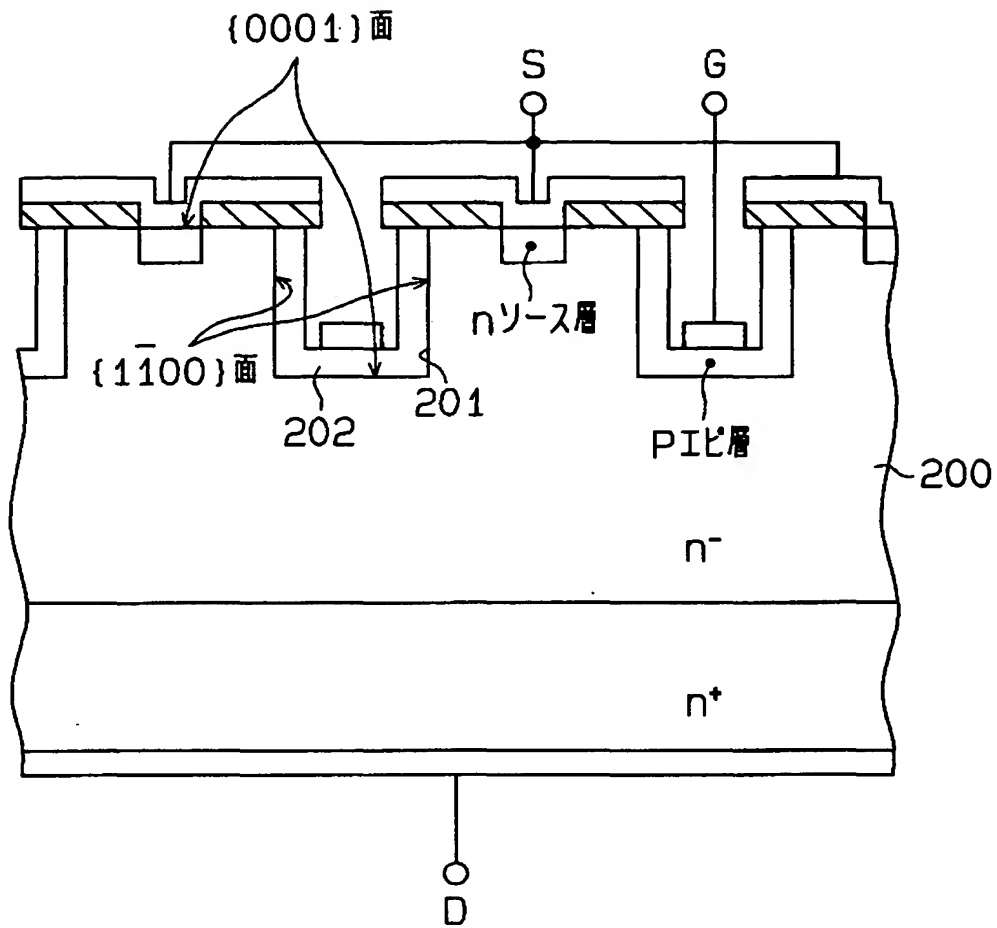
(b) A-A断面図



【図 2 7】

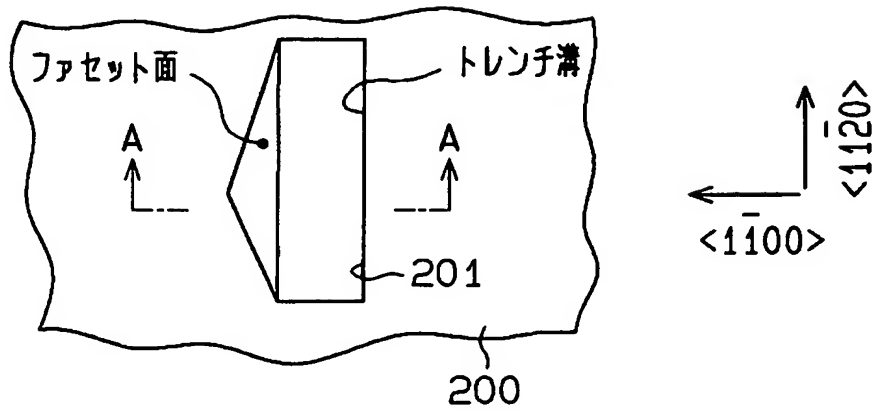


【図 2 8】

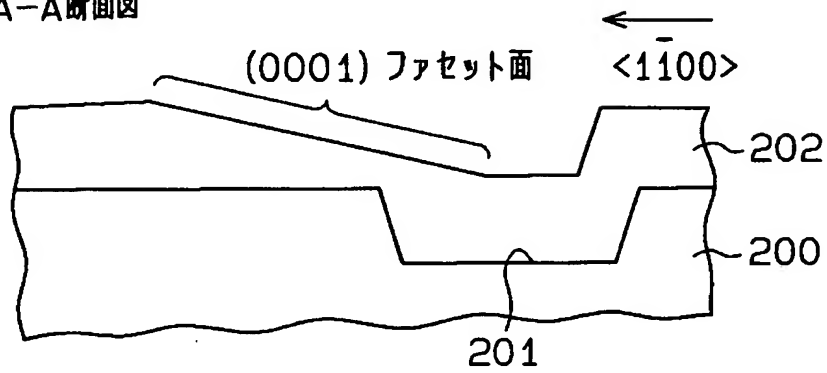


【図 2 9】

(a)



(b) A-A断面図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 基板に形成したトレンチ溝の内壁面にエピタキシャル成長する際にファセット面の形成を抑制することができるようにする。

【解決手段】 SiC基板10は、 $\{0001\}$ 面にオフ角を設けるとともにオフ方向を $\langle 11-20 \rangle$ としている。SiC基板10にトレンチ溝11が形成され、トレンチ溝11は $\langle 11-20 \rangle$ 方向に延びるストライプ構造をなしている。トレンチ溝11の内壁面にはSiCエピ層が形成されている。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 2 6 0]

1. 変更年月日	1 9 9 6 年 1 0 月 8 日
[変更理由]	名称変更
住 所	愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
氏 名	株式会社デンソー